

JP-A No. 254501/1996 (Date of publication: October 1, 1996)

This reference discloses an art for using discriminant analysis in pass/fail judgment on the form of solder.

However, if the techniques disclosed in the reference are used to obtain a threshold for discriminating between pass and fail, there is a high probability that defectives are let out.

```

graph TD
    11([11 検査モード]) --> 12{12 全数の終了}
    12 -- Yes --> 17([17 終了])
    12 -- No --> 13[13 指標の算出  
判別得点Zの計算]
    13 --> 14[14 指標、判別得点の保存]
    14 --> 15{15 判別}
    15 -- Yes --> 16{16 判別得点の再設定}
    16 -- Yes --> 14
    16 -- No --> 15
    15 -- No --> 15
    18([18 ティーチングモード]) --> 19{19 サンプル数が適量}
    19 -- Yes --> 20[20 基礎入力  
コードデータの採取]
    19 -- No --> 20
    20 --> 21[21 指標値の設定]
    21 --> 22[22 カテゴリーの表示  
サンプル管理]
    22 --> 23[23 判別判データ  
をサンプルに追加]
    23 --> 24[24 判別分析による判別  
閾値の算出]
    24 --> 25[25 判別得点の保存]
    25 --> 26([26 検査モードへ])
    26 --> 11
  
```

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被検査対象を撮像する撮像装置を設け、該撮像装置により、被検査対象の反射光を取り込み、検査対象の画像を構成する各画素に検査対象の状態を示すコードを生成する外観検査装置において、前記状態を示すコードより前記被検査対象の状態を示す複数個の指標を作成し、ティーチングモードにおいてあらかじめ決められた検査対象を選別するためのカテゴリに従い、当該カテゴリの各々に属するべき指標値を教示することにより、該指標を基にして前記カテゴリ間を分離する判別関数を求めることを特徴とする外観検査方法。

【請求項 2】 外観検査装置において、被検査対象を撮像する撮像装置を設け、該撮像装置により、被検査対象の反射光を取り込み、検査対象の画像を構成する各画素毎に検査対象の表面の状態を示すコードデータを生成し、ティーチングモードにおいては、予め検査結果カテゴリが判っている前記コードデータを該カテゴリに従い分類することにより判別関数を求め、検査モードにおいては、前記コードに基づき得られた指標値を前記判別関数に代入し、カテゴリ毎に判別分類し、さらに、誤判別が発生した場合には当該データをサンプルデータとして組み込みティーチングするようにしたことを特徴とする外観検査方法。

【請求項 3】 外観検査装置において、被検査対象を撮像する撮像装置を設け、該撮像装置により、被検査対象の反射光を取り込み、検査対象の画像を構成する各画素毎に検査対象の表面の状態を示すコードデータを生成し、該コードデータにより、検査対象を定められた複数のカテゴリに分類する検査装置において、前記コードデータを基に対象を複数のカテゴリの何れかに属するかを決定することを目的としたコードデータに基づく複数の指標を持つ判別関数が検査されており、検査装置の動作条件として検査モードとティーチングモードとの任意選択が可能となっており、ティーチングモードにおいては、複数のカテゴリ別に予め分類されたコードパターンを教示することにより、これらを複数のカテゴリに分類するための判別関数の係数自動決定を行ない検査モードにおいては決定された判別係数により分類処理を実行し、必要に応じ検査モードにおいて該分類したコードパターンにより更にティーチングにより係数の修正を可能としたことを特徴とする外観検査方法。

【請求項 4】 被検査基板のはんだ面に対面する空間に撮像装置を設け、該撮像装置の光軸を中心に環状に配置した光源を複数段配置し、該光源による照明を各段毎に切り換えてはんだ面に向け照射し、前記撮像装置によりはんだ面の反射光を取り込み、その輝度比により前記被検査基板のはんだ表面の角度に対応する角度コードデータを生成し、この角度コードデータよりはんだ表面の状態を示す指標を作成し、該指標により判別関数を求め、判定カテゴリ別に分類する判別基準を作成するティー

チング手段と、該ティーチング手段により求めた判別関数に前記角度コードデータより作成した指標を代入し、カテゴリ別に分類する手段とを有することを特徴とする外観検査装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、はんだ付けの状態を、中心とする部品の実装状態の外観によって検査する方法と装置に関するもので、特に、基板検査装置（例えば段差照明式はんだ付け外観検査装置）において、検査対象（例えば、はんだ付けの状態）の判定基準の効率的かつ客観的な作成を行うものである。

## 【0002】

【従来の技術】外観検査装置の応用分野は多岐に渡り、また、検査方式についても多様なものがある。例えば最近高密度化、多様化が進んでいるプリント基板上の電子部品の実装状態や、はんだ付け接合部の外観検査機などもその例である。

【0003】電子機器に使用されるプリント配線基板の実装工程では、基板上に搭載された電子部品を接合するはんだ付部分の良否が製品信頼性を左右するため、作業能率の向上や作業品質確保を目的とした、はんだ付外観検査の自動化、機械化が一般化している。

【0004】このような外観検査装置の一例として、段差照明式はんだ付け外観検査装置がある。段差照明式検査装置そのものについては、例えば、基本原理が特公平 5-21403に示されている。

【0005】これは、複数の異なる角度に設置された光源を切り替えて点灯させることにより、上方に設置された撮像装置に、光源の段数分に相当する数の、光源の角度に対応した輝度分布の画像が得られる。ここで、基板上の部品位置及びランド位置をあらかじめ教示しておくことにより、部品のはんだ面でのデータを特定することができる。この範囲内の複数の画像データを同一の画素について比較することにより、その画素におけるはんだ表面の傾斜角を算出する。

【0006】このような段差照明を切り換えて得た画像情報を用いて、はんだ付けの状態を検査する検査装置は例えば、特開平 4-301549、特開平 4-346011、特開平 5-301549、特開平 6-66528等に紹介されている。

【0007】ところで、以上説明した段差照明検査装置に限らず、従来行っていた、被検査部品の実装状態を示すいくつかのカテゴリに判別するための基準作成の方法は、熟練した作業者が上述のようにして与えられたコードデータをもとに、はんだ量の不足、過多、欠品、未はんだ、良品等、各々のカテゴリに属する部品に共通して現れるコードの分布の特徴を調査・検討し、その特徴があるものを選択する方式や、その特徴を何種類か適用しふるいにかけて判別する方式などのアルゴリズムを

作成していた。ところが、この様にして作成した判定基準であっても、これに従って検査を行った結果、誤判別を生じる割合が高い場合がある。このようなときなど判定基準の再考が必要であり、多大な労力を必要とした。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】前述のような検査基準の作成方法では、被検査部品をその状態を示す適切なカテゴリに、判別することが可能である特徴（すなわち、各カテゴリ特有のコード分布）を判定基準として数式化・アルゴリズム化するまでには、多くの時間と労力そして経験が必要であり、作業者の主観的な判定となる。さらに一つの特徴だけではなく、何種類かの要素を複合して判別するアルゴリズム（たとえば、欠品とはんだ過剰をある判定基準では区別できないが、別の判定基準と組み合わせれば判定できるような場合）を採用した場合には、その組合せの順序を考慮したり、同時に何種類かのカテゴリの特徴的なパターンが現れている場合には、各々の特徴値に対して優先順位としての重み付けを行わなければならない場合が多い。その設定を行うには試行実験により評価を行なう場合も多く、実際に実施した実験結果を次の判定基準作成に反映させるには時間と経験を有する。

【0009】本発明は前述のような問題点を解決するために、統計解析処理による客観的な判定基準を作成し、誤判別データを判定基準作成のプロセスに反映させるようにすることを目的とし、ひいては、検査速度と精度の向上を図るものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は被検査対象を撮像する撮像装置を設け、該撮像装置により、被検査対象の反射光を取り込み、検査対象の画像を構成する各画素に検査対象の状態を示すコードを生成し、この角度コードより被検査対象の形状、状態等の諸特性を示す複数個のデータ、すなわち、指標を作成し、これにより判別分析を用いて判別基準を作成するものである。

【0011】上述のような、判別分析を用いる際は、あらかじめ検査対象を選別するためのカテゴリを定め、その一つ一つのカテゴリに属するべき多数のサンプルデータを教示していくことにより、そしてそのデータを基にしてカテゴリ間を最適に分離することのできる判別関数を作成する。

【0012】この判別関数を用いて新たな対象の判別を行う。さらに、誤判別された対象のデータをサンプルデータに組み込めるようにする。

【0013】

【作用】多変量解析の一つである判別分析を用いることにより、統計学的に大量のデータを短時間にかつ客観的に扱うことが可能であり費用の低減が図れる。また、判別関数を算出するためのデータに誤判別を生じたデータを追加することにより判定基準の更新に際して、最適化

をより効率よく行うことができる。

【0014】

【実施例】本発明の一実施例として先に説明したはんだ付け検査装置について、段差照明式はんだ付け外観検査装置を例に取り図4および図5を用いて以下説明する。

【0015】図4は段差照明式検査装置の基本システム構成を示す図で、1はリング状の照明器で1-1は上段照明、1-2は中上段照明、1-3は中下段照明、1-4は下段照明装置である。2はテレビカメラ等の映像入力用の撮像装置、3は被検査ICパッケージ10を搭載した基板を移動するX-Yステージ、4は撮像装置2の映像信号、5はAD変換器等を含む記憶装置、6は照明切り替え装置、7はコード生成部、8は移動テーブル制御装置、9は認識処理部である。

【0016】同検査装置においては、撮像装置2の光軸を中心として複数段に点光源を配置した環状の光源1を有し、基板上的の検査対象、ICパッケージ10に対して各段ごとに別個に光を照射する。基板はX-Yステージ3上に搭載されており、全検査対象を映像入力装置の視野内に移動し検査することが可能となっている。ここで、理解を容易にするため、図5に基づき基本原理を説明する。同図において、101はリード部、102ははんだ部、103はランド部である。

【0017】光源より照射された光は、はんだ表面等に到達し反射されるが、周知のように同一の角度から照射された光は、反射面の傾斜角の違いによりその反射方向が異なってくる。具体的に換言すると、上段照明1-1の高角度からの光は反射面が平坦に近い角度のときに上方に反射され、下段照明1-4の低角度からの光は反射面が45°に近い角度のときに上方に反射されることになる。図4に戻り、前述のように、複数の異なる角度に設置された光源を切り替えて点灯させることにより、上方に設置された撮像装置には、光源の段数分に相当する数の、光源の角度に対応した輝度分布の画像が得られることになる。ここで、基板上的の部品位置及びランド位置をあらかじめ教示しておくことにより、部品のはんだ面でのデータを特定することができる。この範囲内の複数の画像データを同一の画素について比較することにより、その画素におけるはんだ表面の傾斜角を算出する。

【0018】こうして算出された角度を低角度から順に例えば1から8の角度コードとして表現する。これを説明するのが図3と図6である。図6は、検査対象のはんだ部を斜め上方より見た外観図で、これにマトリックス状に区分けされた図を示している。図3はこのマトリックスに対応して与えられた角度コードを示す。

【0019】（なお、図3と図6のマトリックス分割数とコードには相互の関連性はない。すなわち、図3の例で示す角度コードの値は、図6に示す例の状態を示すのではない。また、マトリックス分割数は一致していない。）

図1は、本発明の一実施例を説明するためのフローチャートで、図4の認識処理部9で行われる動作である。また、以下の実施例の説明に用いるはんだ付外観検査装置のハードウェア構成は図4に示したものである。

【0020】なお、検査対象の映像を画素毎に分解し、各画素にその画素の状態、すなわち、はんだ表面の角度に応じたコードを付するまでの技術は先に述べた通り、周知である。

【0021】ここで、判別分析とは、あるカテゴリーごとにまとめられる判別対象に対して、その諸特性を示す複数個の説明変量（指標と同義、すなわち、それぞれのカテゴリーにまとめるための種々の要素で、この実施例の場合にははんだ表面の角度がそれに相当する）に関して、その状態を示すカテゴリーごとに得られている過去のデータ（サンプル）に基づき、これらの指標の値から新たな対象がどのカテゴリーに属するかを判別（予測）する方法である。

【0022】例として、2つのカテゴリー（例えば良品と欠品）からなる対象について判別を行う場合には、両カテゴリーに集められたサンプルデータをもとに、両カテゴリーの平均、分散、共分散、相関係数を算出し、これを用いて新しく得られたサンプルの両カテゴリーの重心からの距離を計算する。ここで、両カテゴリーの分散共分散行列が等しい場合を考えると、重心からの距離が等しい点の奇跡は直線となる。そこで、この直線（以下判別関数と称す）を境界線としてどちらのカテゴリーに属するかを判別する方式である。この場合、判別関数は  $z = a_1 x_1 + a_2 x_2 + c \cdots$ （式1）

（ただし、 $z$ は判別得点、 $a_1$ 、 $a_2$ は係数、 $x_1$ 、 $x_2$ は指標値、 $c$ は定数）で表され、 $z=0$ が境界として定められる。

【0023】なお、以上のような判別分析については、（株）現代数学社1983年5月1日初版発行、田中豊・脇本和昌著「多変量統計解析法」等に詳しく説明されている。

【0024】次にこの動作を具体的に説明する。図1のフローチャートにおいて、全体は大きく2つのモードで構成されている。すなわち、通常のインラインでの検査を行うための検査モード11と、オフラインで各種のパラメータを教示したり、それに関連するデータを採取するためのティーチングモード18である。ハードウェア構成上は各種データを保存するためデータベース91（図4参照）を設置する。

【0025】新規に検査用データを作成し検査を行う場合には、初めにティーチングモードにより先に説明した判別関数を作成する。

【0026】以下図1のフローチャートに基づきこのティーチングモードについて説明する。ティーチングモード18において、あらかじめ検査結果が分っている基板を搬入し、実装されている部品に対して従来の技術の項

目で言及した方式により、図3に示すような被検査部品のはんだ表面のコードデータをコード生成部7で作成する。基板搬入、コードデータ作成20。このコードデータから、認識処理部9において、統計処理において解析を行う対象の特徴を示している変数である指標を数種類から数十種類程度求める。指標の算出21。ここで、この指標について、説明する。指標としては図3に示すようなコードデータを加工（たとえば、コードマトリクス全体を $n$ 分割し各区画のコードの平均値を計算する等）することで導き出した値であったり、マトリクスの一つ一つの要素（コード）をそのままの形で採用する。

【0027】ここで、以下の実施例の説明では一例として、図3に示すようにコードデータを点線で示す直線Pで2等分し、その平均値を指標値として判別を行う場合について説明する。2等分により、2種類の指標が作成されることになる（ $n$ 等分であれば $n$ 種類の指標）。なお、どのような位置でマトリクスを分割するか、あるいは何分割するかを求めるカテゴリーの種類により、決定する。

【0028】2等分の例として図3の点線Pで示すようにコードデータを上下に分割する場合、分割された上側31及び下側32の各区画について含まれる画素のコードの算術平均を計算する。いま、上側31の平均値を変数 $x_1$ 、同様に下側32の平均値を変数 $x_2$ で表す。このようにして算出された指標値を、あらかじめ判定結果として分類するために定めた実装状態を示すカテゴリーごとに蓄積していく。カテゴリーの教示、サンプル蓄積22を行う。

【0029】この実施例では、指標は2種類で、カテゴリーは良品と欠品とする。つまり、ティーチング時の検査対象部品はあらかじめ、良品、欠品が分っているため、良品における指標値（ $x_1$ 、 $x_2$ ）、欠品における指標値（ $x_1$ 、 $x_2$ ）が、蓄積されることになる。この操作を全てのカテゴリー（実施例の場合は2つ）について充分な量のサンプルデータが集まるまで繰り返す。サンプル数が適量19。

【0030】次に、集められたサンプルデータを用いて先に述べた、多変量解析の一つである判別分析の手法を用いることにより、前記式1の $a_1 a_2 \cdots c$ を求める。判別関数の算出24。

【0031】この判別関数の作成について、図2、図7を用いて説明する。図7は図1フローチャートの判別関数の算出24をより詳細に示したものである。この判別分析では、先に分類・蓄積したサンプルコードデータ群33と34（図2参照）をカテゴリーごとに区別することにより、全てのカテゴリー間を最適に分離するための関数である判別関数（例えば前述の式1）が計算される。ここで、実装状態を示す2つのカテゴリー、良品のカテゴリーと、欠品のカテゴリーを、前述の例に示したコードデータ群33と34を中間で2分割し、各々に含

まれるコードの平均値を指標とすることで判別する場合（ここで、カテゴリーごとに与えたサンプルデータを  $x_1$  及び  $x_2$  を 2 つの軸とする 2 次元平面上にプロットした場合、各カテゴリーが図 2 に示すような分布をとるものとする）、両カテゴリーの分散共分散行列が等しいと、判別関数（式 1）は図のような両カテゴリーの重心からの距離が等しい点を結ぶ直線 35 となり、判別得点  $z$ （判別関数に指標値を代入した結果であり、判別結果を示す値）は各点からこの直線までの距離（符号付き）となる。この例の場合、判別得点の値の正負により判別されるカテゴリーが決定される。

【0032】図 7 は判別関数の算出 24 で行われる計算処理を示す図である。同図に示す計算処理により、判別関数（係数  $a_1$ 、 $a_2$ …、定数  $c$ ）を求める。

【0033】この判別得点は保存しておく。判別得点の保存 25。ここまでの処理を行った後、検査モード 11 へ移行する。検査モードへ 26。

【0034】検査モード 11 では、被検査対象である新たな部品一つ一つに対して、ティーチングモードにおいて説明した方式により、同じように指標を作成する。指標の算出、判別得点  $z$  の計算 13。

【0035】この指標、すなわち、変数を先の判別関数に代入し得られる判別得点  $z$  により、いずれのカテゴリーすなわち、本実施例においては良品、欠品に判別するかを決定する。図 2 の例では、判別得点の正負により判別。先に説明したように、この実施例においては、良品カテゴリーは 34、欠品カテゴリーは 33 である（図 2 参照）このとき同時に、算出された判別得点と指標値を何枚目の被検査基板のどの部品のどのはんだ面であるか特定できるように識別記号を付けてデータベースに別途保存する。指標、判別得点の保存 14。これを、被検査部品全数について行い。全数の終了 12 の後。終了 17。

【0036】ところで検査後、ある検査した部品に対する判別結果が誤りであることが判明する場合がある。このような場合、本実施例では判別関数を再設定する。すなわち、図 1 のフローチャートのように判別結果が誤りであることが判明し、（誤り判別 15）判別関数の再設定が必要であると考えられる場合、判別関数の再設定 16 の後、再度ティーチングモード 18 に移り、この誤判別されたデータを検査と同時に保存（図 1 フローチャート 14）しておいたデータの中から先の識別記号により検索し、その部品が本来判別されるべきカテゴリーのサンプルデータに追加する。誤判別データをサンプルに追加 23。

【0037】次に追加したデータを含めて、判別関数を算出するまでの過程を繰り返す。新たな判別関数を作成する。その後検査モードで新たな判別関数により検査を再開する。このことにより、誤判別データを新規に作成する判別関数に反映させることが可能となり、同関数の

（換言すると判定基準の）最適化を図ることが可能となる。

【0038】一方、判別関数を更新した結果、新たな対象に対しての検査結果が良好でない場合には、これを取り除くことにより最適化を図ることが可能となる。

【0039】以上の説明では説明を簡単にするためにはんだ形態のカテゴリーを良品と欠品の 2 種類にしたが、実用機のはんだ付検査の場合には、例えば不良形態のカテゴリーは（1）リード曲がり、（2）位置ずれ（3）はんだ過剰、（4）はんだ不足、（5）リード縦ずれ、（6）欠品、（7）未はんだ、（8）リード浮き、

（9）部品の立ち、（10）リード横ずれ、（11）濡れ不良等がある。したがって、上記のようなカテゴリーを作る場合は（12）良品を含め、全体を 12 のカテゴリーに分割できるように、最低 11 種類の判別関数を求める必要がある。このような場合、いくつかの方法が考えられる。第 1 に先に説明した図 3 に示すように、点線 P で 2 分割したコードデータを用いた場合には、前記式 1 で示した係数  $a_1$  および  $a_2$  もしくは、 $a_1$  または  $a_2$  もしくは定数  $c$  を変更することにより、図 2 に一点鎖線で示す判別関数 36 により、点線 35 の判別式で求めたカテゴリーを更に 2 つのカテゴリーに分け、更に、ティーチングの後、4 つのカテゴリーに分けることもできる。これを更に別の判別関数により別のカテゴリーに分けることにより、必要とするカテゴリーを求めることが可能である。このように階層的にカテゴリーを求めていった場合には  $N \cdot (N-1) / 2$  の関数が必要となる（ $N$  はカテゴリーの数）。

【0040】他の例では被検査部品のはんだ面のコードデータから、解析を行う対象の特徴を示している変数である指標を増して（例えば 12 種類）求める。ここではコードマトリクス全体を 6 分割し各区画のコードの平均値を計算することで導き出す。6 分割の例として図 3 の実線 Q で示すようにコードデータを上下方向に 3、左右方向に 2 分割する場合、分割された各区画について含まれる図のコードの算術平均を計算する。それぞれの平均値を変数  $X_{11} \sim X_{16}$  で表す。このようにして算出された指標値を、あらかじめ判定結果として分類するために定めた実装状態を示す 12 のカテゴリーごとに蓄積していく。この操作を全てのカテゴリーについて充分な量のサンプルデータが集まるまで繰り返す。次に、集められたサンプルデータを用いて先に述べたとおり、先に分類・蓄積したサンプルコードデータを 12 のカテゴリーごとに区別して与えることにより、全てのカテゴリー間を最適に分離するための関数である 11 種類（ $a_1$ 、 $a_2$ 、…等を変更し 11 種類とする。）の判別関数（式 1：ただし、変数  $x$  は  $x_{11}$ 、 $x_{12}$ 、 $x_{13}$ 、 $x_{14}$ 、 $x_{15}$ 、 $x_{16}$  となる）が計算される。このようにして実装状態を示す 12 種類のカテゴリーを求めるための判別関数を算出する。

【0041】判別関数を更新した結果、新たな対象に対しての検査結果が良好でない場合には、判別に悪影響を与えている指標を調査し、これを修正・変更することにより最適化を図ることが可能となる。以上の動作は先に説明した通りで、ティーチングモードを終了し、検査モードへと移行する。

【0042】なお、以上の実施例では、はんだ表面の角度コードデータを得るために段差照明装置を用いた例を説明したが、はんだ表面の状態はその状態が分かれば角度データでなくてもよいことはもちろんこのような段差照明装置によらなくても、はんだ面の状況が分るデータであれば、通常の照明器あるいはR、G、B等の色別照明器を用いた装置であってもよいことは、その説明から明らかである。

【0043】さらに本発明は、外観検査装置であり、検査対象ははんだ面に限られるものではない。はんだ面の検査以外の、例えばICやチップ部品の実装状態のチェック等、にもそのまま用いられることは言うまでもない。

【0044】

【発明の効果】本発明の検査基準の作成方法では、被検査部品をその状態を示す適切なカテゴリーに、判別することが可能である特徴（すなわち、各カテゴリー特有のコード分布）を判定基準として数式化・アルゴリズム化するまでもなく判定基準を作成することができ、従来のように、多くの時間と労力、経験を必要とすることな

く、さらに、作業者の主観的な判定でない判定基準を作成することができる。

【0045】本発明による判定基準は統計解析処理による客観的なものであるため、誤判別データを判定基準作成のプロセスに反映させるようにすることができ、ひいては、検査速度と精度の向上を図るものである。

【0046】以上、本発明は、純粋に統計学的手法を用いるため、経験的要素に対する依存率が低くなり、主観的な要素を極力排除することができ、ティーチングに要する作業量を低減することが可能である。また、容易に判定基準の修正が行える。さらに大量のデータの処理が短時間でこなえ時間の削減が期待できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例のフローチャート。

【図2】本発明の実施例の判別処理説明図。

【図3】段差照明検査機におけるコード分布図。

【図4】段差照明検査機の構成図。

【図5】段差照明検査機の原理説明図。

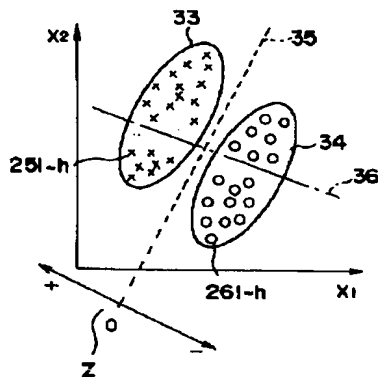
【図6】段差照明検査機におけるマトリックス構成図。

【図7】本発明の実施例のフローチャート。

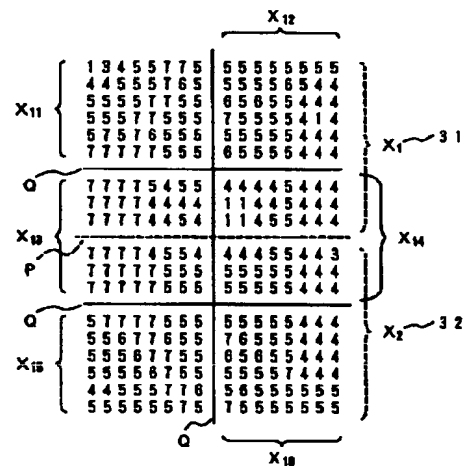
【符号の説明】

- 17 撮像装置
- 18 光源群
- 19 検査対象
- 20 基板
- 21 反射光の軌跡

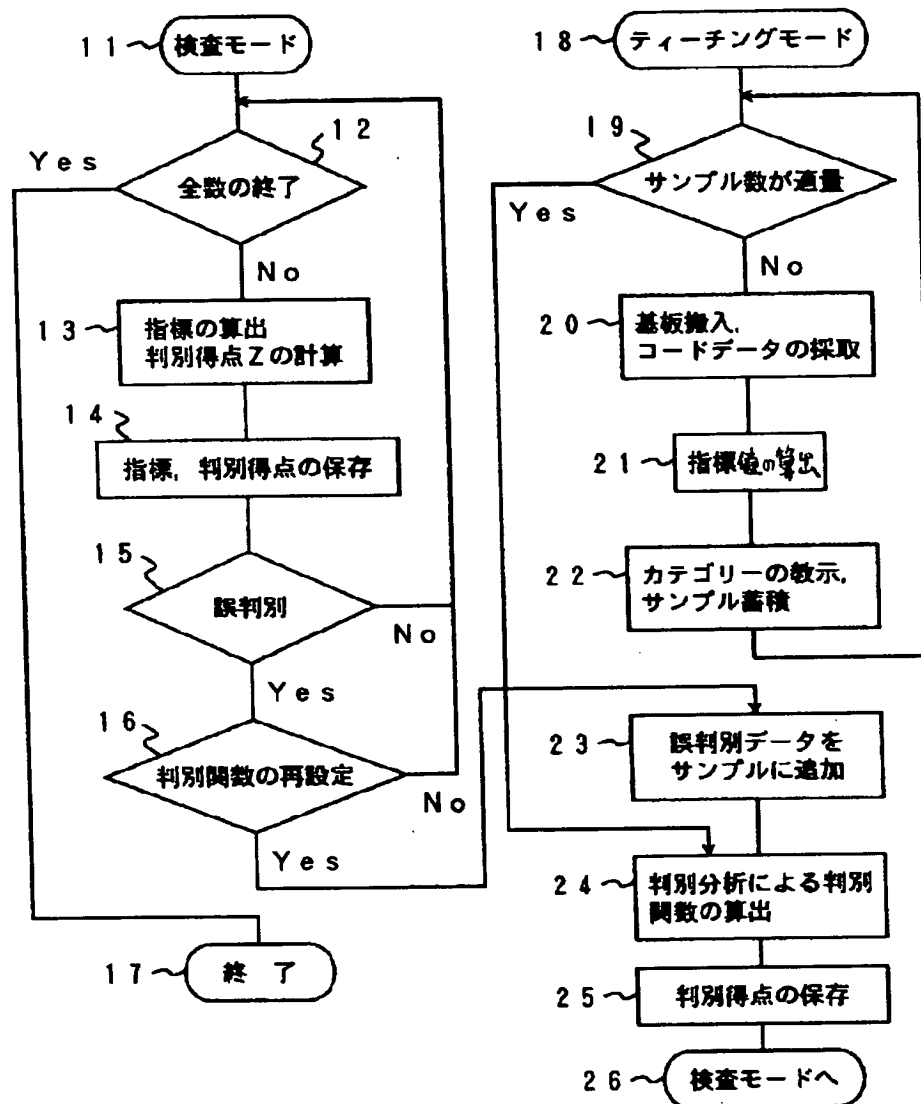
【図2】



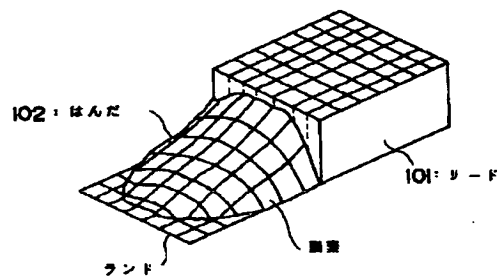
【図3】



【図1】

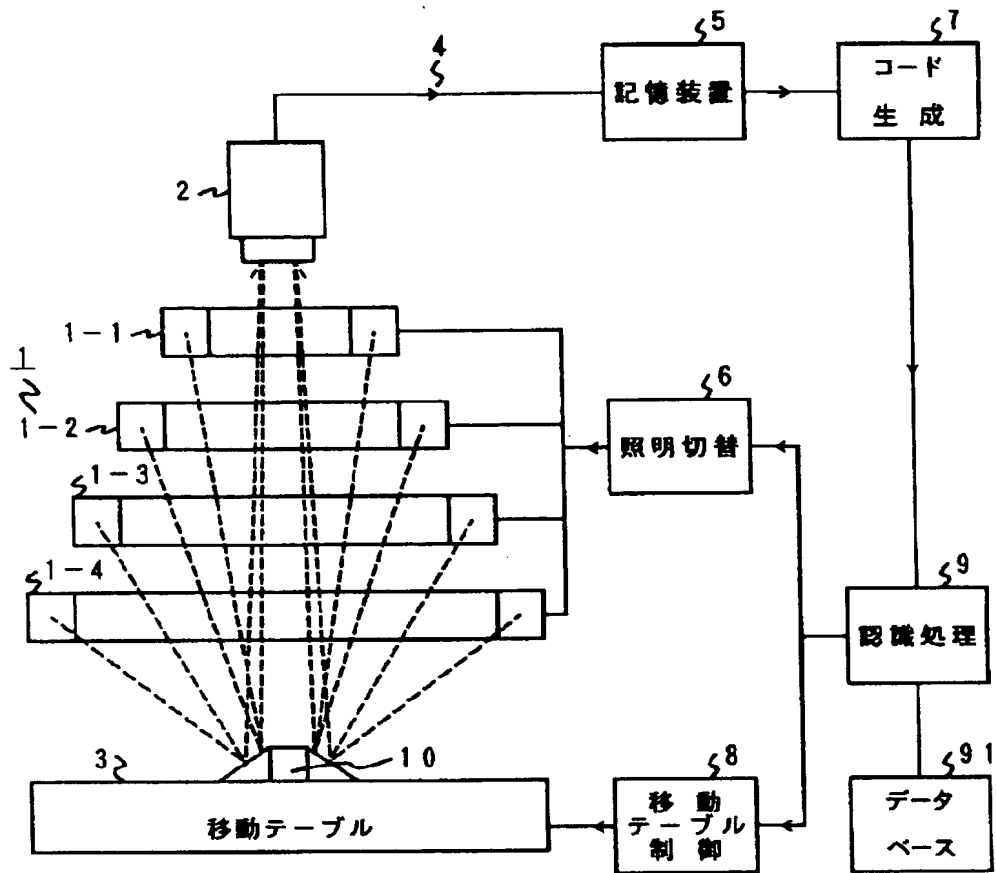


【図6】

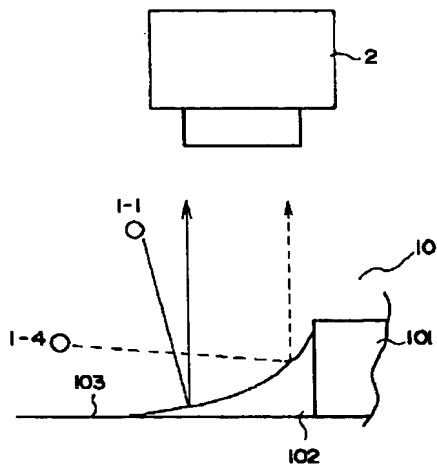




【図4】



【図5】



【図 7】

